№ 3 Warszawa, 25 marca 1936 r. Rok XIV

TECHNIKA CIEPLNA

CZASOPISMO ZWIĄZKU STOWARZYSZEŃ DOZORU KOTŁÓW W POLSCE.

REDAKTOR: Inż. techn. JAN KOMARNICKI.
Wydawca: Stowarzyszenie Dozoru Kotłów w Warszawie.
REDAKCJA I ADMINISTRACJA: WARSZAWA, PIUSA XI, 32, m. 12. TEL. 8-81-47.
GODZINY BIUROWE ADMINISTRACJI — CODZIENNIE, OD 10 DO 15.

A. TCHÓRZEWSKI, Inż.

NOWOCZESNE AMERYKAŃSKIE METODY KLIMATYZACJI POWIETRZA.

I.

Celem niniejszego artykułu jest zapoznanie szerokiego ogółu naszych architektów i inżynierów z podstawami nowej gałęzi techniki i hygjeny, powstałej w Ameryce w latach powojennych i zwanej po angielsku „Air Conditioning", co w tłomaczeniu dosłownem znaczy: urabianie powietrza, lepiej tu jednak użyć terminu: klimatyzacja powietrza, chociaż dawniej wyrazowi temu odpowiadało pojęcie o wiele węższe, niż dziś. Zaznaczam zgóry, że poruszony temat będę traktował jedynie ze strony możliwości bezpośredniego zastosowania na gruncie polskim tych zdobyczy, które przeszły ogniową próbę wieloletniej praktyki w Ameryce, znalazły ostateczne rozwiązanie konstrukcyjne, wykazały swą rację bytu z punktu widzenia ekonomicznego i są łatwe dla urzeczywistnienia, gdyż niezbędna aparatura, armatura, automaty i mechanizmy pomocnicze wyrabiane są seryjnie przez pierwszorzędne wytwórnie. Biorąc odrazu pod uwagę ogromną rozpiętość pomiędzy możliwościami naszemi a amerykańskiemi, poruszę jedynie bardzo pobieżnie kwestję klimatyzacji powietrza w mieszkaniach prywatnych, tak popularną obecnie za Oceanem, zastanawiając się głównie nad klimatyzacją powietrza w lokalach publicznych i przemysłowych. Również nie rozpatruję tu tych metod klimatyzacji, które znajdują się w stadjum badań, a to ze względu na czysto praktyczny charakter niniejszego artykułu.

Niejednokrotnie poruszane było w prasie zagadnienie fatalnej wentylacji w naszych lokalach publicznych, kawiarniach, dancingach, audytorjach, kinach, biurach, pracowniach, it.p., jednak jak dotąd bez żadnych konkretnych wyników. Taki stan rzeczy tłomaczy się zdaniem mojem, nie tyle brakiem dobrych chęci ze strony właścicieli tych lokali, ile silnie jeszcze zakorzenionemi u nas przestarzałemi pojęciami i teorjami tłomaczącemi w zupełnie fałszywy sposób przyczyny owej duszności i „braku powietrza" w natłoczonych lokalach. Stąd też praktykowane u nas sposoby zażegnania zła (w rodzaju umieszczenia ponad głowami publiczności śmigieł napędzanych od motorków elektrycznych) są nie tylko bezskuteczne, gdyż nie spełniają najważniejszego zadania (nie służą dobremu samopoczuciu człowieka), lecz często wywołują wręcz odwrotny efekt, a pozatem w wielu wypadkach urągają jawnie wszelkim zasadom hygjeny.

„Air Conditioning" jest gałęzią techniki o wybitnie amerykańskiem pochodzeniu, powstałą głównie dzięki pracom doświadczalnym prowadzonym w skali prawdziwie amerykańskiej przez The American Society of Heating and Ventilating Engineers przy współpracy szeregu innych amerykańskich instytucyj naukowych. Niemniejsze zasługi na tem polu przypadają w udziale przemysłowi amerykańskiemu, a szczególnie przodującym firmom przemysłu chłodniczego. „Air Conditioning" obejmuje całokształt zagadnień związanych z ogrzewaniem, chłodzeniem, nawilżaniem lub osuszaniem, wentylacją, odkurzaniem, dezodoryzacją, jonizacją i innemi metodami traktowania powietrza w zamkniętych pomieszczeniach w celu zabezpieczenia ludziom warunków hygjeny, dobrego samopoczucia i wydajnej pracy lub w celu stworzenia sztucznego powietrza o specjalnych własnościach niezbędnych przy niektórych procesach fabrykacyjnych z punktu widzenia oddziaływania tego powietrza na przerabiane lub przechowywane materjały. Klimatyzacja powietrza znajduje zastosowanie w przemysłach: włókienniczym, materjałów wybuchowych, sztucznego jedwabiu, błon światłoczułych, czekoladowym, tytuniowym, farmaceutycznym, metalurgicznym (dla poddmuchu w wielkich piecach), piekarskim, elektrotechnicznym, papierniczym, zapałczanym, i wielu

innych. Tak zakreślone granice nowej gałęzi wiedzy technicznej — klimatyzacji powietrza — obejmują dotychczas samodzielne dyscypliny: wentylację, ogrzewanie, chłodnictwo. Trzeba jednak przyznać, że granice te nie są jeszcze wytknięte dostatecznie wyraźnie. Jest naprz. kwestją sporną, czy najpoważniejszy dział chłodnictwa, przechowanie szybko psujących się produktów — jest również objęty przez „Air Conditioning", czy pozostaje niezależną dyscypliną. W każdym razie ten dział chłodnictwa w niniejszym artykule nie będzie wcale rozpatrywany.

Przechodzę przedewszystkiem do rozpatrzenia poszczególnych czynników charakteryzujących powietrze z punktu widzenia jego wpływu na samopoczucie człowieka. Do czynników tych należą w pierwszym rzędzie: temperatura, wilgotność, i szybkość powietrza. W wyniku badań amerykańskich nadano tym czynnikom znaczenie decydujące, podważając odrazu podstawy dawnej teorji o zanieczyszczeniu powietrza w zamkniętych pomieszczeniach przez CO_2, jako przyczyny zmęczenia człowieka pozostającego pod działaniem tego powietrza. Dla zrozumienia całokształtu tego zagadnienia niezbędne jest zapoznanie się w ogólnych zarysach ze zjawiskiem metabolizmu.

Organizm ludzki na skutek procesów przemiany materji wytwarza stale energję cieplną (zjawisko metabolizmu), która musi być odprowadzona nazewnątrz. Ten odpływ ciepła odbywa się naskutek: 1^0 różnicy temperatur powierzchni skóry (ubrania) i otoczenia, drogą promieniowania i konwekcji, 2^0 przez odparowanie potu z powierzchni skóry (utajone ciepło parowania). Ilość ciepła, która może być odprowadzona drogą podaną pod 1^0 zależna jest od różnicy temperatur powierzchni skóry (ubrania) i powietrza, oraz jego szybkości. Ilość ciepła, która może być odprowadzona drogą podaną pod 2^0 zależy od temperatury powierzchni skóry, temperatury powietrza, względnej wilgotności powietrza i jego szybkości. W miarę zbliżania się temperatury powietrza do + 37°C (temp. normalna ciała) odprowadzenie ciepła z organizmu drogą 1^0 staje się coraz więcej utrudnione. Organizm reaguje na to odpływem krwi od organów wewnętrznych ku skórze (ku gruczołom potowym) na skutek czego, z jednej strony temperatura powierzchni skóry, która normalnie jest niższą od + 37°C, rozpoczyna podnosić się, z drugiej strony gruczoły potowe rozpoczynają intensywnie wydzielać pot. Dzięki obu tym zjawiskom ponownie zwiększa się odpływ ciepła z organizmu i to zarówno drogą 1^0, jak i drogą 2^0. O ile jednak wilgotność względna powietrza podniesie się znacznie lub osiągnie stan nasycenia, to warunki odprowadzania ciepła z organizmu drogą 2^0 pogorszą się i organizm będzie reagował dalszym odpływem krwi od organów wewnętrznych ku skórze, co pociągnie dalszą zwyżkę temp. powierzchni skóry i wzmożenie działania gruczołów potowych. O ile temperatura powietrza wynosi + 37°C i jednocześnie powietrze to jest nasycone wilgocią, to dalsze odprowadzanie ciepła jest możliwem jedynie pod warunkiem ogólnego podwyższenia temperatury ciała ponad + 37°C. Wspomniany wyżej odpływ krwi od organów wewnętrznych ku powierzchni skóry niezbędny dla podwyższenia jej temperatury i dla wzmożenia działania gruczołów potowych, — jest związany z ciężkiemi objawami. Pozbawienie organów wewnętrznych (serca, mózgu, żołądka, i t.p.) dostatecznej ilości krwi powoduje stan ogólnego osłabienia, osłabia procesy trawienia i zmniejsza odporność organizmu na żołądkowe choroby infekcyjne. Zjawisko to występując w ciężkiej formie może spowodować omdlenie lub nawet śmierć, a działając na organizm ludzki stale przez dłuższy czas (naprz. w klimacie podzwrotnikowym, przy zatrudnieniu w gorących działach przemysłu hutniczego) powoduje zwiotczenie organizmu i przedwczesną starość. Pobyt w natłoczonych lokalach (szkołach, biurach, pracowniach, lokalach rozrywkowych) w naszym klimacie w wypadku braku klimatyzacji powietrza powoduje mniej ciężkie objawy, lecz niewątpliwie pociąga za sobą obniżenie wydajności pracy, wzrost liczby nieszczęśliwych wypadków w przemyśle, stan ogólnego zmęczenia i psychicznego przygnębienia połączonych z takiemi niedomaganiami, jak bóle głowy i inne.

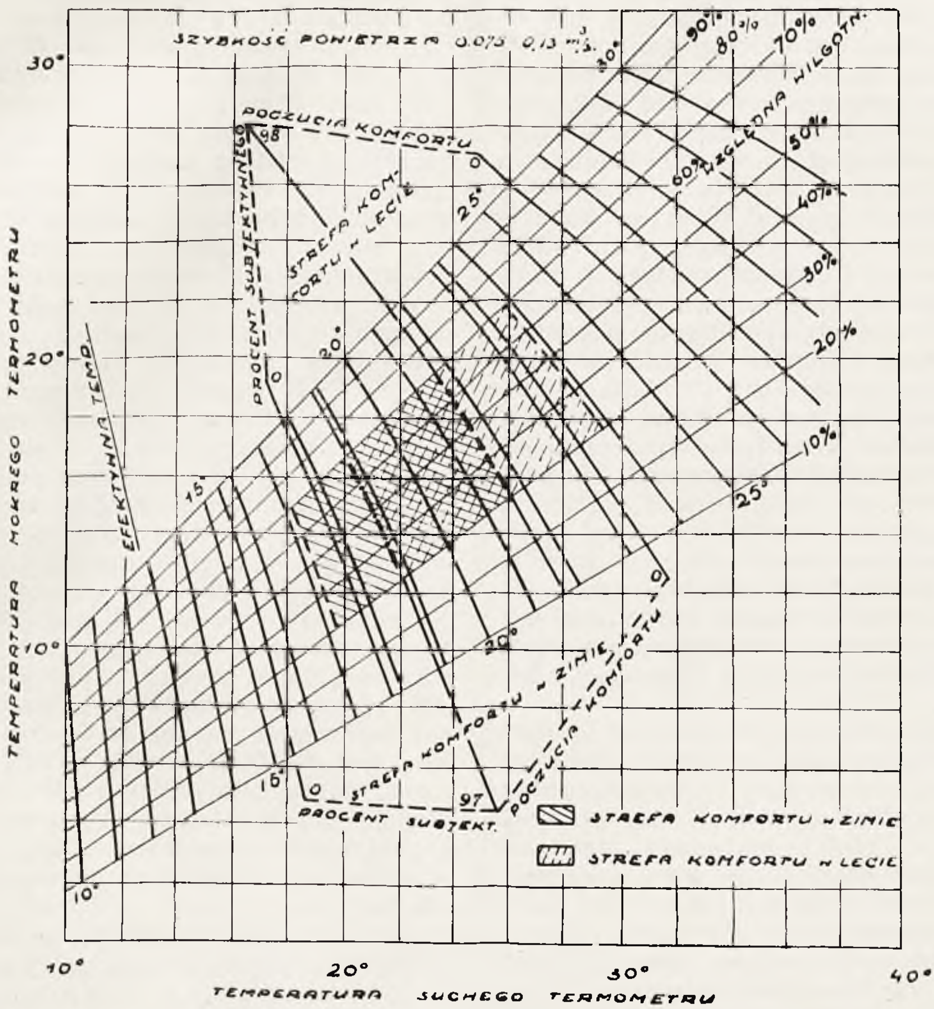
Z powyższego łatwo wywnioskować, że uczucie gorąca i zimna jest zależne nie tylko od temperatury wskazywanej przez suchy termometr, lecz również i od wilgotności powietrza oraz od jego szybkości. Skłoniło to badaczy amerykańskich do wprowadzenia nowego pojęcia — temperatury efektywnej powietrza. Powietrze w dwóch sąsiednich ubikacjach posiada jedną i tą samą temperaturę efektywną o ile człowiek przy przejściu z jednej do drugiej nie odczuwa zmiany ciepłoty.

Na podstawie badań z wielką liczbą osób, ustalono, że to odczucie jest jednakowe np. w pomieszczeniu o temp. suchego termometru + 24° C przy wilgotności 50% i w pomieszczeniu o temp. + 26 C i wilgotności 30%. W obydwu wypadkach szybkość powietrza wahała się w tych samych granicach a mianowicie 0,075 do 0,130 *m/sek* (rys. 1). Skala temperatur efektywnych została ustalona w sposób łatwo zrozumiały z wykresu. Na wykresie są podane jednocześnie granice dla „komfortowych" temperatur w porze letniej i zimowej, a cała strefa tych temperatur została podzielona na pasy o różnych stopniach wygody podanej w %. Wykres ten ma jednak ściśle ograniczony zakres zastosowania, o ile chodzi o podane granice „komfortowych"

temperatur efektywnych. Granice te dla okresu letniego mają jedynie zastosowanie w takich pomieszczeniach, w których ludzie znajdują się dłużej niż 3 godz., a więc w domach mieszkalnych, biurach, i t. p., nie mogą natomiast być stosowane do restauracji, sklepów, kin i t.p., gdzie ludzie znajdują się przez krótszy okres czasu, gdyż w tym wypadku trzeba brać jeszcze w rachubę temperaturę zewnętrznego powietrza. Częste gwałtowne przejścia z jednego środowiska do drugiego o znacznie różniącej się temperaturze efektywnej, wywołują w organiźmie ludzkim nieprzyjemny wstrząs, które może działać ujemnie na zdrowie i niweczyć dodatni wpływ klimatyzowanego powietrza. Z tego względu dla

TABLICA I.

Zewnętrzna temper. °C	Warunki powietrza wewnątrz przy stałej temp. rosy + 13,9 °C		
Suchy termom	Suchy termom.	Mokry termom.	Efekt. temper.
35	26,7	18,3	22,8
32	25,6	18	22,2
29	24,7	17.8	21,6
27	23,9	17,5	21,1
24	23,05	17,2	20,5
21	22,2	16,9	20



Rys. 1.
Wykres krzywych charakteryzujących samopoczucie człowieka pozostającego w pozycji siedzącej

lokali przeznaczonych na krótszy pobyt (mniej niż 3 godz.) zalecane są w Ameryce na podstawie badań A. S. H. V. E. następujące warunki dla powietrza klimatyzowanego w zależności od temperatury zewnętrznego powietrza:

Powracając do wykresu efektywnych temperatur zastrzegamy, że podane dla okresu zimowego granice temperatur „komfortowych" mają jedynie zastosowanie przy ogrzewaniu typu konwekcyjnego i nie nadają się w wypadku ogrzewania zapomocą radjatorów.

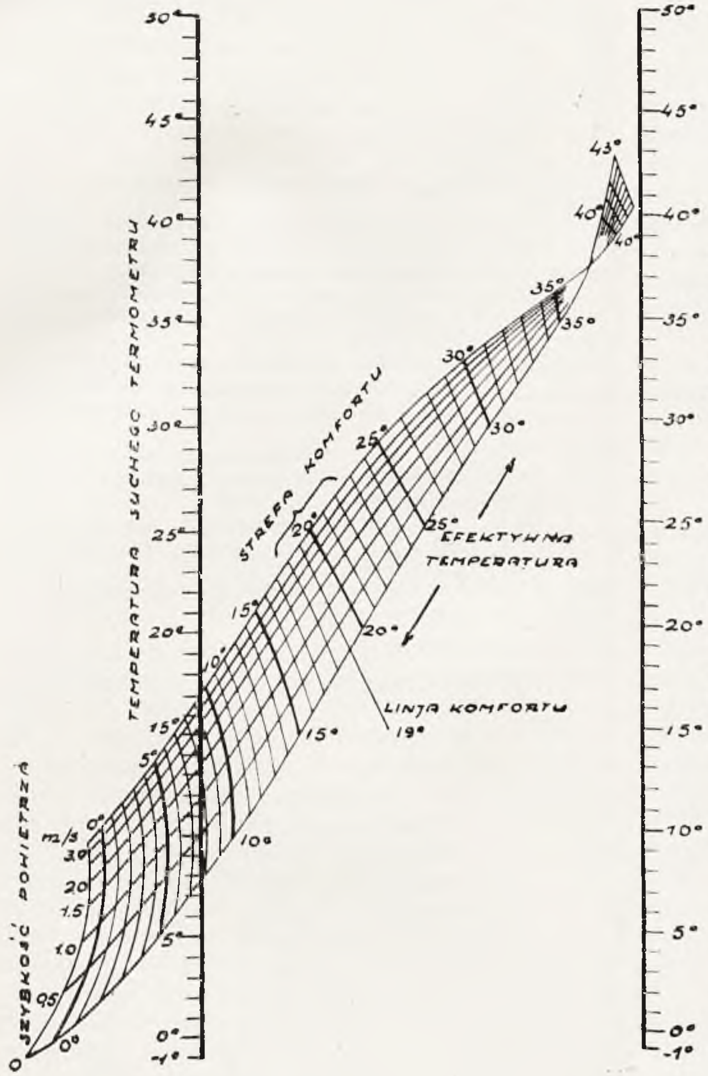
Zastrzeżenie to wypływa z tej okoliczności, że doświadczenia prowadzone przez A.S.H.V.E. odbywały się w ubikacjach o ścianach zaizolowanych, tak że temperatura powierzchni wewnętrznej tych ścian była równa (praktycznie) temperaturze powietrza w pomieszczeniu. Inaczej zupełnie będzie wyglądała ta sprawa w wypadku ogrzewania radjatorami, lub też w razie obecności w pokoju dużej ilości szyb, szczególnie pojedyńczych, temperaturę których można przyjąć za średnią pomiędzy zewnętrzną, a wewnętrzną. Te czynniki wpłyną w znacznym stopniu na ilość ciepła odprowadzonego z organizmu ludzkiego drogą promieniowania, zależną od różnicy temperatury powierzchni ubrania człowieka, a powierzchni ciał otaczających. Na podstawie powyższego jest rzeczą oczywistą, że w dwóch pomieszczeniach o jednakowej temperaturze powietrza (na suchym termometrze i na mokrym termometrze), o jednakowej szybkości powietrza, lecz różnych temperaturach powierzchni ścian, efektywna temperatura określająca subjektywne samopoczucie człowieka, nie może być jednakowa. Lecz wpływ temperatury otaczających ścian został rozmyślnie pominięty przez badaczy amerykańskich w celu uproszczenia badań i ze względu na to, że w praktyce w większości wypadków temperatura powierzchni ścian jest równą temperaturze powietrza. Wreszcie, podane stopnie „komfortu" mają zastosowanie, ściśle biorąc, tylko dla klimatu strefy umiarkowanej, na południu, natomiast, najwyższy stopień „komfortu" przesunie się w kierunku wyższych efektywnych temperatur, a to z tego powodu, że w klimacie cieplejszym organizm ludzki wytwarza mniej ciepła Podane na wykresie stopnie „komfortu" odnoszą się do ludzi normalnie ubranych, a mianowicie, w strefie zimowej dla ludzi w ubraniach z grubszego, ciepłego materjału, a w strefie letniej dla ludzi w ubraniach z lekkiej tkaniny.

Z wykresu widać, że krzywe stałych efektywnych temperatur są jednocześnie krzywemi jednakowej wygody, jednakowego samopoczucia. Stąd wynika, że człowiek w wypadku stałej efektywnej temperatury powietrza niezależnie od zmienności temperatury suchego termometru ma zawsze uczucie jednakowego „komfortu". Trzeba jednak zrobić zastrzeżenie, że ma to zastosowanie jedynie na tych odcinkach krzywych równych efektywnych temperatur, które są zawarte pomiedzy 30% i 70% wilgotności względnej (według nowszych badań między 30% i 60%). Ograniczenie to tłomaczy się ujemnym wpływem na samopoczucie zarówno zbyt wilgotnego jak i zbyt suchego powietrza. Weźmy dla przykładu 3 stany powietrza: 24° C i 60% wilg., 21,5° C i 100%, oraz 28° C i 10%. Wszystkie te stany odpowiadają jednej i tej samej temperaturze efektywnej, a więc człowiek we wszystkich 3-ch wypadkach będzie miał jedno i to same uczucie ciepła, mimo to samopoczucie będzie w każdym wypadku inne. Mianowicie: w pierwszym wypadku samopoczucie będzie odpowiadało maksymum wygody, w drugim wypadku — nasycone wilgocią powietrze będzie utrudniało odparowanie potu, powodując nadmierną wilgotność powierzchni skóry i ubrania, wywołując uczucie niewygody i zmęczenia, w trzecim wypadku nadmierna suchość powietrza powoduje wysychanie i pękanie powierzchni skóry oraz suchość i podrażnienie błon przewodu oddechowego.

W każdym konkretnym wypadku przy projektowaniu urządzenia dla klimatyzacji powietrza przeznaczonego dla wygody ludzi, a nie dla przemysłowych celów, inżynier powinien, posługując się wykresem (rys. 1) i tablicą I w połączeniu ze skrupulatnem zbadaniem wszystkich okoliczności, ustalić warunki dla powietrza wewnątrz pomieszczenia.

Powiedzieliśmy już, że uczucie zimna lub ciepła jest zależne nie tylko od temperatury odczytanej podług suchego i mokrego termometrów, ale również i od szybkości powietrza. Stąd jest jasne, że temperatura efektywna jest również funkcją szybkości powietrza. Dzięki badaniom przeprowadzonym przez A. S. H. V E. wespół z U.S. Bureau of Mines w Pittsburgh'u został opracowany nomogram uwidaczniający zależność efektywnej temperatury od 3-ch czynników: temperatury suchego termometru, temperatury mokrego termometru i szybkości powietrza. Wykres ten przeliczony na miary metryczne podany jest na rys.2 (wg. Amerikanische Kältetechnik. Plank). Sposób użycia nomogramu jest następujący: temperaturę suchego termometru odczytujemy na lewej skali wykresu, temperaturę mokrego termometru — na prawej, obydwa punkty łączymy prostą i na przecięciu tej prostej z krzywą danej szybkości powietrza odczytujemy efektywną temperaturę. Powszechnie jednak jest rzeczą znaną, że bardzo wiele osób nie znosi działania wiatru w ciągu dłuższego czasu, szczególnie przebywając w pozycji siedzącej. Pozatem duże szybkości powietrza w zamkniętych pomieszczeniach, szczególnie w natłoczonych lokalach publicznych, podnoszą kurz co z punktu widzenia hygjeny jest niedopuszczalne. Te okoliczności skłoniły amerykańskich inżynierów do unikania większych szybkości powietrza w celu otrzymania „komfortowych" temperatur efektywnych w lokalach publicznych. Są one natomiast stosowane w takich wypadkach w przemyśle, kiedy zastosowanie sztucznego chłodzenia nie jest możliwem (naprz. przy obsłudze pieców przemysłowych, palenisk kotłów okrętowych, i t. p) i kiedy robotnicy wykonywują najcięższą pracę fizyczną, która wymaga odprowadzenia z organizmu dużej ilości ciepła Z wykresu na rys. 2 można wyciągnąć ciekawy wniosek, znajdujący zresztą potwierdzenie w naszem

codziennem doświadczeniu: dla każdego stanu fizycznego powietrza na prawo od osi temperatur suchego termometru zwiększenie wilgotności powietrza powoduje podwyższenie jego temperatury efektywnej. Dla każdego stanu fizycznego powietrza na lewo od tej osi zwiększenie wilgotności powietrza powoduje obniżenie temperatury efektywnej. A więc w lecie wilgotniejsze powietrze robi wrażenie cieplejszego, natomiast w zimie — zimniejszego. Badania przeprowadzone przez „A. S. H. V. E.“ ustaliły, że najlepiej czuje się człowiek w powietrzu poruszającem się z szybkością w granicach 0,075 do 0,130 *m/sek.* i dla tej właśnie szybkości został opracowany wykres efektywnych temperatur podany poprzednio na rys. 1. Powietrze zupełnie nieruchome w bezpośrednim sąsiedztwie ciała ludzkiego szybko ogrzewa się i nasyca się wilgocią z powodu bardzo słabej konwekcji. W wyniku powstają warunki nie sprzyjające dobremu samopoczuciu człowieka, mimo że temperatura efektywna mierzona w danym lokalu, lecz w pewnem oddaleniu od skupienia ludzi, może być zupełnie zadawalniająca. Dla tego też głównym warunkiem prawidłowej klimatyzacji powietrza jest utrzymanie go w równomiernym ruchu (w granicach wyżej podanych szybkości), przy unikaniu za wszelką cenę wytwarzania się lokalnych przeciągów lub „martwych“ przestrzeni.



Rys. 2.
Wykres efektywnych temperatur odczuwanych przez ludzi w zwykłem ubraniu, pozostających w pozycji siedzącej lub wykonywujących lekką pracę fizyczną w pomieszczeniach ogrzewanych systemem konwekcyjnym.

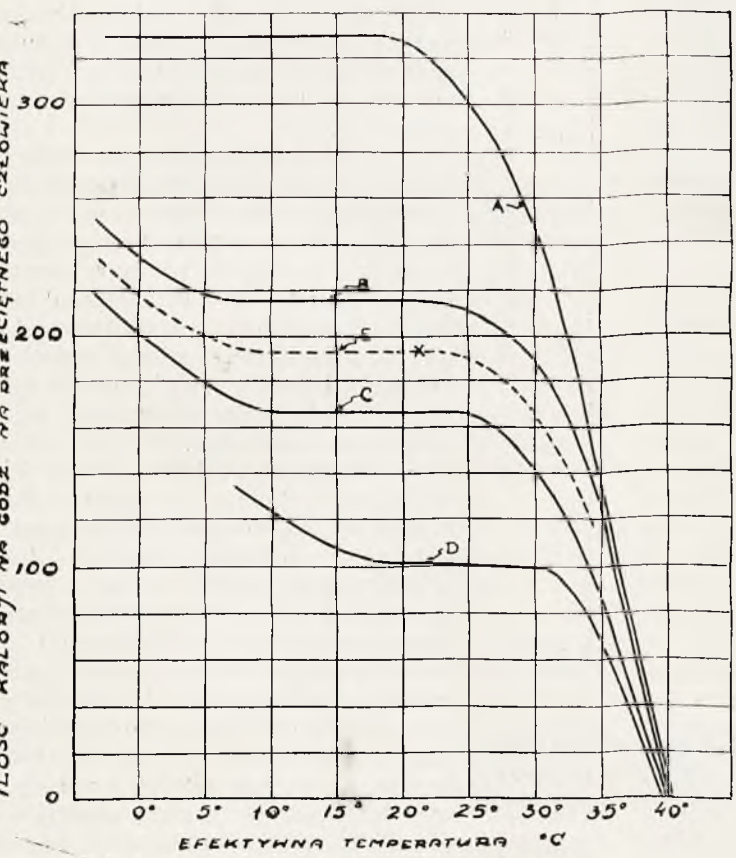
Można teraz postawić sobie pytanie: czy warunki największej wygody, najlepszego samopoczucia człoowieka ustalone wykresem na rys. 1, są jednocześnie najlepszemi warunkami zdrowotnemi, biorąc pod uwagę działanie ich na organizm ludzki przez czas dłuższy? Otóż do tej pory nie mamy badań, na których można byłoby polegać, co do wpływu temperatury, wilgotności i szybkości powietrza na zdrowie ludzi. Można jednak z całą pewnością przypuszczać, że najlepsze warunki zdrowotne bardzo nieznacznie różnią się od najlepszych warunków wygody.

Dla umożliwienia prawidłowej kalkulacji urządzeń do klimatyzacji powietrza ważną było rzeczą ustalić ilość ciepła wydzielanego przez organizm ludzki w różnych warunkach. Ciepło to można podzielić na dwie części: ciepło odprowadzone z organizmu przez konwekcję i promieniowanie (ciepło widoczne)*(oraz ciepło odprowadzane przez odparowanie potu (ciepło utajone)*). Badania A S.H.V.E. stwierdziły przedewszystkiem, że ogólna ilość ciepła wydzielanego przez organizm zależy w pierwszej linji od ilości roboty wykonywanej przez człowieka, a następnie od temperatury efektywnej powietrza (Tablica II i wykres na rys. 3), chociaż ściślej zależności nie dało się stwierdzić ani w stosunku do temperatury efektywnej, ani też w stosunku do temp. suchego termometru W każdym razie w praktyce można posługiwać się Tablicą II i wykresem na rys. 3. Z wykresu widać, że ilość wydzie-

*) W terminologji amerykańskiej: sensible heat of air — ta część cieplika powietrza, która znajduje swój wyraz w podwyższeniu jego temper., latent heat of air — ta część cieplika, na którą składa się ciepło parowania wody zawartej w powietrzu. Ciepło widoczne wydzielane przez organizm zużywa się na podwyższenie cieplika widocznego powietrza, a ciepło utajone — na podwyższenie cieplika utajonego powietrza.

lanego przez człowieka ciepła jest stałą w dosyć szerokich granicach, a mianowicie dla człowieka siedzącego w granicach od + 18° C do + 30° C temp. efektywnej, dla człowieka wykonywującego normalną pracę fizyczną — w granicach od + 8° C do + 25° C. Zmienia się natomiast, i to bardzo znacznie, podział ogólnej ilości ciepła wydzielanego przez człowieka na ciepło widoczne i ciepło utajone, jak to jest pokazane na Tab. II. Podział ten zależy nie od temperatury efektywnej powietrza, lecz jedynie od temperatury suchego termometru.

Łatwo jest domyśleć się, że poziom efektywnej temperatury odpowiadający najlepćzemu samopoczuciu człowieka zależy od ilości ciepła wytwarzanego przez organizm, a więc i od ilości roboty fizycznej wykonywanej przez człowieka, oraz od rasy i klimatu, jak o tem już wyżej wspomniano. Ustalono, że w wypadku ciężkiej fizycznej roboty najlepszemu samopoczuciu odpowiada efektywna temperatura + 12°.



Rys. 3

Zależność ogólnych strat ciepła przez organizm człowieka od efektywnej temperatury powietrza.

Krzywa A — człowiek wykonywujący pracę 9200 kgm.
Krzywa B — „ „ „ 4550 „
Krzywa C — „ „ „ 2290 „
Krzywa D — człowiek pozostający w pozycji siedzącej.
Szybkość powietrza od 0,075 do 0,130 m/sek.

TABLICA II

Ciepło widoczne i utajone wytwarzane przez organizm ludzki w *kal./g.* Szybkość powietrza 0,075 do 0,130 *m/sek.*

Temper. suchego termometru °C.	W pozycji siedzącej ogółem 101 k/g.		W pozycji stojącej ogółem 117 k/g.		Przy półlekkiej pracy 131 k/g.		Przy lekkiej pracy ogółem 147 k/g.		Przy półumiarkowanej pracy ogółem 172 k g.	
	Widoczne	Utajone	Widoczne	Utajone	Widoczne	Utajone	Widoczne	Utajone	Widoczne	Utajone
21,1	78	23	81	36	83	48	89	58	94	78
23,9	65	36	69	48	71	60	73,5	73,5	77	95
26,7	56	45	56	61	56	75	58	89	63	109
29,4	40	61	40	77	40	91	40	107	40	132

W pozycji siedzącej — jak człowiek spożywający posiłek.

W pozycji stojącej — jak ekspedjent w sklepie.

Przy pół-lekkiej pracy — jak maszynistka przy maszynie do pisania lub liczenia, krawiec.

Przy lekkiej pracy — jak robotnik pracujący rękami przy lekkim konwejorze fabrycznym i tylko przypadkowo poruszający się.

Przy pół-umiarkowanej pracy — jak kelner, introligator lub inny pracownik wykonywujący lekką robotę, lecz poruszający się często.

Przy umiarkowanej pracy (ogółem 215 k/g.) — jak praca robotnika metalowca, cieśli.

Przy pół - ciężkiej pracy (ogółem 253 k/g.) — jak tańczący (na dancingu), muzykanci

Przy ciężkiej pracy (ogółem 455 k/g.) — jak drwale.

Przechodzę teraz do rozpatrzenia innego czynnika charakteryzującego wpływ powietrza na samopoczucie i zdrowie człowieka, a mianowicie — czystości powietrza.

Powietrze może być zanieczyszczone przedewszystkiem pod względem swego składu chemicznego. Przez płuca i skórę wydziela organizm ludzki różne substancje chemiczne: gazy i związki lotne. Na pierwszem miejscu stoi dwutlenek węglu (CO_2). Dawniej panował wszechwładnie pogląd, że duża zawartość tego gazu w powietrzu natłoczonych lokali jest właściwą przyczyną zmęczenia ludzi pozostających przez czas pewien w podobnych warunkach. Jak już widzieliśmy zjawisko to zostało zupełnie dokładnie zbadane. Ustalono, że przyczyna zmęczenia tkwi w podwyższaniu się temperatury i wilgotności powietrza w natłoczonych pomieszczeniach i w utrudnionem odprowadzeniu ciepła z powierzchni skóry z powodu zbliżenia się ludzi do siebie (zmniejszenie się strat przez promieniowanie) oraz często z powodu zastoju powietrza. Badania wykazały, że szkodliwe dzia-

łanie dwutlenku węgla objawia się dopiero po podniesieniu się jego zawartości w powietrzu od 6 do 7%, co jest jednak praktycznie niemożliwe, gdyż w takim wypadku ciśnienie cząstkowe dwutlenku węgla wzrosłoby tak znacznie, że drogą wzmożonej dyfuzji przez otwory i nieszczelności w ścianach, oknach i t. p. musiałoby nastąpić wyrównanie jego zawartości z powietrzem zewnętrznem. Tak samo jałową okazała się teorja zatrucia powietrza przez toksyny wydzielane przez organizm ludzki, gdyż liczne i dokładne badania prowadzone przez wielu uczonych dały we wszystkich wypadkach negatywne wyniki. Coprawda organizm ludzki wydziela produkty rozkładu ciał organicznych jak amoniak, aminy, kwasy tłuszczowe, i t. p. Substancje te nadają powietrzu nieprzyjemny zapach, nie mogą ednak w tych minimalnych ilościach, w których powstają, działać ujemnie. Możliwe jest jedynie pewnego rodzaju zmęczenie psychiczne wywołane odrazą do przykrego zapachu powietrza. Dlatego w klimatyzacji powietrza bardzo poważne miejsce zajmuje kwestja dezodoryzacji powietrza. Również duże znaczenie ma wpływ gazów wydzielanych przez organizm ludzki na wzmożenie zdolności powietrza przenoszenia chorób zakaźnych, jak o tem będzie mowa niżej. Innem źródłem zanieczyszczenia powietrza gazami szkodliwemi dla zdrowia jest dym z kominów, z samochodów, od palenia tytoniu. Zawiera on niespalone węglowodory, tlenek węgla, bezwodnik siarkawy, kwas siarczany i inne szkodliwe gazy. Zadymianie powietrza jest szczególnie dotkliwe w wielkich ośrodkach przemysłowych gdzie przy mglistej pogodzie dzięki rozpuszczaniu się trujących i drażniących gazów w kropelkach mgły oraz przy sprzyjającym zastoju powietrza mogą tworzyć się warunki wywołujące podrażnienie oczów, przewodu oddechowego, zapalenie oskrzeli, objawy duszności, a nawet śmierć, jak tego dowodzi klasyczny wypadek masowego zatrucia powietrzem mieszkańców pewnej miejscowości w Belgji położonej w ośrodku przemysłowym, jaki wydarzył się przed paru laty. W różnych gałęziach wytwórczości przemysłowej spotykamy się z zanieczyszczeniem powietrza bardzo szkodliwemi gazami powodującemi doraźne zatrucia lub chroniczne choroby. W schronach na wypadek ataku gazowego również istnieje kwestja oczyszczania powietrza od gazów trujących. Rozważając środki, mające zapobiedz zanieczyszczeniu powietrza przez niepożądane gazy, stykamy się z ciekawą kwestją, że dziś już nie można uważać wentylacji w jej dawnem znaczeniu (zastąpienie zanieczyszczonego powietrza wewnątrz pomieszczenia przez świeże czerpane od zewnątrz) za wystarczający, we wszystkich wyżej wspomnianych wypadkach, środek. Często to powietrze zewnętrzne samo jest chemicznie zanieczyszczone, w innych wypadkach podobna wentylacja staje się zbyt kosztowną (duże koszta eksploatacji) w razie gdy powietrze zewnętrzne przed wprowadzeniem do pomieszczenia musi być chłodzone. W Ameryce dla celów oczyszczania powietrza szerokie zastosowanie znalazła płuczka powietrzna. O ile chodzi o oczyszczanie powietrza od gazów rozpuszczalnych w wodzie to wystarczy płuczka z czystej wody, natomiast w wypadku słaborozpuszczających się gazów lub w wypadku, gdy chodzi o więcej intensywne i dokładne oczyszczenie powietrza od pewnego szkodliwego gazu, stosowane są domieszki do wody neutralizujące dany gaz. Dla oczyszczenia powietrza od gazów i lotnych związków pochodzenia organicznego. co jest szczególnie ważne dla dezodoryzacji powietrza, próbowano stosować ozon, który posiada silnie utleniające działanie. Wyniki osiągnięte były doskonałe. Okazało się możliwe zapomocą ozonu oczyszczać powietrze od dymu tytoniowego. Mimo to bezpośrednie działanie ozonu na organizm ludzki jest tak niekorzystne, że w Ameryce obecnie całkiem zaniechano tego środka, zadawalniając się jedynie płukaniem powietrza, które w wypadku zanieczyszczeń organicznego pochodzenia działa o wiele powolniej od ozonu.

Innym rodzajem zanieczyszczenia powietrza są zawiesiny z cząsteczek stałych lub kropelek płynu. Są to cząstk węgla, sadzy, innych produktów niepełnego spalania paliwa w piecach i samochodach, cząsteczki ziemi, piasku, kamieni, popiołu, gumy, skóry, drzewa, rdzy, papieru, włókien bawełny, wełny, jedwabiu, kawałeczki ciała pochodzenia zwierzęcego i roślinnego, bakterje i pyłek kwiatowy. Badania ustaliły, że w przemysłowych miastach 90% zawiesin stanowi węgiel. W Ameryce ustaliła się następująca klasyfikacja zawiesin w powietrzu: kurz (Dusts) — są to stałe cząstki o rozmiarach od 150 do 1,0 mikrona, dym (Fumes) — zawiera on cząstki pochodzące z chemicznych procesów spalania, eksplozji, lub destylacji, o rozmiarach od 1 do 0,1 mikrona, rzadki dym (Smoke) — składający się z cząsteczek węgla i sadzy, pochodzący z niepełnego spalania węgla, produktów ropnych, smoły, tytoniu, o rozmiarach poniżej 0,3 mikrona. Te trzy rodzaje zawiesin różnią się swem pochodzeniem i swemi własnościami fizycznemi. Cząstki kurzu osiadają bez zlepiania się, cząstki dymu mają skłonność do gromadzenia się w kłęby, rzadki dym — rozpływa się w otaczającem powietrzu. Im mniejsze są cząsteczki zawiesin, tem dłużej unoszą się w powietrzu, gdyż w miarę zmniejszenia rozmiarów cząstki różnica jej wagi i oporu powietrza maleje, tak że opadanie odbywa się nadzwyczaj powolnie, a ruch powietrza utrudnia go jeszcze więcej. Cząstki kurzu o rozmiarach mniejszych niż 1,0 mikron można uważać za znajdujące się w stanie stałego zawieszenia, a cząsteczki mniej-

sze od 0,1 mikrona wykonywują ruchy Browna. W pomieszczeniach przemysłowych zawiesiny w powietrzu są wielkości poniżej 100 mikronów, na otwartem wzburzonem powietrzu — poniżej 10 mikronów, na otwartem spokojnem powietrzu — poniżej 1 mikrona. Cząstki poniżej 0,1 mikrona w praktyce zwykle nie mają znaczenia. Przy obliczaniu urządzeń dla oczyszczania można przyjąć ilość zawiesin w powietrzu w przybliżeniu:

w wiejskich miejscowościach — 0,46 do 0,92 gr./1000 m^3 powietrza,

w miejskich ośrodkach — 0,92 do 1,84 gr./1000 m^3 powietrza,

w przemysłowych ośrodkach — 1,84 do 3,45 gr./1000 m^3 powietrza.

Oprócz zawiesin stałych (suchych) w powietrzu znajdujemy w stanie zawieszenia kropelki płynów (prawie wyłącznie wody). Z punktu widzenia klimatyzacji powietrza można je określić jako kurz mokry, gdyż każda taka kropla posiada jądro — stałą cząsteczkę. Taki mokry kurz może być podzielony według klasyfikacji amerykańskiej na 4-y rodzaje: deszcz (rain) o średnicy kropelek 4000 do 400 mikronów, drobny deszczyk (drizzle) — 400 do 100 mikr., mgła (mist) — 100 do 50 mikr., mgła (fog) — 50 do 5 mikr. Im większe są kropelki tem szybciej opadają one w powietrzu. Kropelki mokrego kurzu mogą powstać na skutek skraplania pary wodnej zawartej w powietrzu, przy obniżeniu temperatury powietrza. W tym wypadku cząstki suchego kurzu odgrywają rolę ośrodków kondensacji. Pozatem mokry kurz może powstać przy kaszlaniu i kichaniu oraz na skutek porwania przez wiatr kropelek płynu. Mokry kurz może istnieć nie tylko w powietrzu nasyconem wilgocią, jednak suche powietrze przedstawia dla niego środowisko mniej sprzyjające. Przy obniżeniu temperatury powietrza poniżej temperatury rosy kropelki mokrego kurzu już znajdującego się w powietrzu stają się ośrodkami dalszej kondensacji, powiększają swoje rozmiary i naskutek tego spadają nadół. Ten sam efekt wywera na mokry kurz płuczka powietrzna. O ile w powietrzu zawierającem kropelki mokrego kurzu umieścić wężownicę, wewnątrz której przepływa czynnik chłodzący, to natychmiast rozpoczyna się ruch kropelek mokrego kurzu w kierunku zimnej powierzchni rur, na którą one spadają w postaci rosy. Wszystkie te własności mokrego kurzu wyzyskano w nowoczesnych amerykańskich metodach oczyszczania powietrza od kurzu i to zarówno mokrego jak i suchego. W tym ostatnim wypadku suchy kurz zamienia się na mokry, który następnie strąca się jednym z opisanych sposobów. Jednak węgiel i sadza nie dadzą się usunąć z powietrza tą metodą. W tym celu użycie filtrów jest koniecznością w klimatyzacji powietrza. Zapomocą filtrów jest możliwe oczyszczanie powietrza od zawiesin o rozmiarach od 0,3 mikrona wzwyż. Dym tytuniowy składa się z cząsteczek o rozmiarach średnio ok. 0,27 mikrona, tak że filtrowanie jest w tym wypadku małoskuteczne. Dla tego klimatyzacja powietrza przy intensywnem paleniu tytoniu wymaga silniejszej wymiany powietrza (wentylacji).

Nad wpływem kurzu na zdrowie ludzi nie zatrzymuję się tu, zwrócę jedynie uwagę, że drogą dokładnych badań zostało ustalone, że w rozpowszechnianiu zakaźnych chorób mokry kurz może odgrywać bardzo czynną rolę, tymczasem gdy kurz suchy jest pod tym względem mało aktywny. Woda, a szczególnie woda zawierająca w stanie rozpuszczonym związki chemiczne pochodzące od rozkładu ciał organicznych, które często zanieczyszczają powietrze — stanowi doskonałe środowisko, w którem bakterje szybko się rozmnażają. Suche powietrze nie sprzyja istnieniu mokrego kurzu, który w tych warunkach prędko wysycha, a więc z punktu widzenia zapobiegania przenoszeniu chorób zakaźnych suchość powietrza jest pożądaną. Pozatem w porze zimowej przy wchodzeniu ludzi z mrozu do ciepłych pomieszczeń o niedostatecznie suchem powietrzu mamy do czynienia ze zjawiskiem osiadania rosy na twarzy i zaroście. O ile w tych pomieszczeniach znajdują się chorzy na zakaźne choroby, to niebezpieczeństwo zakażenia w podobnych warunkach jest wielkie i dla tego w szpitalach i sanatorjach dla zakaźnych chorób wskazane jest utrzymanie w okresie zimowym powietrza więcej suchego, niż w każdym innym wypadku.

W pomieszczeniach posiadających nowoczesne urządzenia dla klimatyzacji powietrza z płukaniem i filtracją powietrza cyrkulacyjnego (znaczenie tego terminu będzie podane dalej), potrzebna ilość zewnętrznego powietrza doprowadzanego w celu wentylacji jest o wiele mniejsza, niż stosowana dawniej, mianowicie liczy się na jednego człowieka 14 m^3/g., w wypadku palenia tytoniu lub istnienia źródeł odurzających zapachów — 26 m^3/g. Otwieranie okien w okresie letnim przy klimatyzacji powietrza jest absolutnie niedopuszczalne ze względu na stosowanie sztucznego chłodzenia powietrza, a pozatem na przenikanie do wewnątrz dużych ilości ulicznego kurzu i dymu.

Już dawniej zwraca uwagę na niemożliwość stworzenia w zamkniętem pomieszczeniu orzeźwiającego powietrza zbliżonego do wiejskiego. Po wprowadzeniu do wewnątrz pomieszczenia powietrze natychmiast traci swoją zdolność podniecającą, szczególnie po traktowaniu go środkami mechanicznemi. W poszukiwaniu przyczyny tego zjawiska zwrócono uwagę na jonizację powietrza. Zostało ustalone, że liczba jonów w powietrzu wewnątrz pomieszczenia, zarówno dodatnich, jak i ujemnych, gwałtownie zmniejsza się z chwilą, gdy w pomieszczeniu znajdzie się większa ilość ludzi i ponownie wzrasta po

opuszczeniu przez nich pokoju. Zagadnienie to znajduje się jeszcze w stadjum badań, które są prowadzone i u nas przez Pana Prezydenta (Ignacy Mościcki. Urządzenia pozwalające na stworzenie w odpowiednich zakładach miejskich warunków leczniczych upodobnionych do warunków na wyżynach górskich. Warszawa 1934).

W procesach przemysłowych klimatyzacja powietrza znajduje zastosowanie przedewszystkiem w celu utrzymania pewnej określonej wilgotności przerabianych materjałów hygroskopijnych. Zawartość wilgoci w tych materjałach jest mierzona stosunkiem procentowym wody do wagi suchego materjału. Procentowa zawartość wilgoci w materjale, który leży w przeciągu dłuższego czasu w atmosferze o stałych własnościach fizycznych jest zupełnie określona dla danego rodzaju i gatunku materjału oraz danej temperatury i wilgotności powietrza. Szczególnie wpływają na wilgotność materjałów, zmiany wilgotności powietrza, mniej — zmiana temperatury powietrza. Naprz. w stosunku do bawełny zmiana wilgotności powietrza o 1% jest równoważna ze zmianą temperatury powietrza o 10°C. Natomiast gwałtowne zmiany temperatury powietrza odbijają się na wilgotności materjałów bardzo znacznie. Niżej podajemy Tabl. III (źródła ameryk.), w której zestawione są wilgotności procentowe materjałów hygroskopijnych w zależności od wilgotności powietrza, przy temperaturze + 23,9 °C:

Wilgotność procentowa materjałów hygroskopijnych wpływa przedewszystkiem na ich wagę. Jeżeli więc materjał ten ma być sprzedawany na wagę, to musi być wypuszczony z fabryki przy takiej wilgotności procentowej jaka jest przepisana. Klasycznym przykładem takiego materjału jest tytoń. Ma-

T A B L I C A III.

	Materjał	Opis	Względna wilgotność powietrza w %									Autor
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	
Naturalne materjały włókiennicze	Bawełna	Czesana	2,5	3,7	4,6	5,5	6,6	7,9	9,5	11,5	14,1	Hartshorne
	Bawełna	Płótno	2,6	3,7	4,4	5,2	5,9	6,8	8,1	10,0	14,3	Schloesing
	Bawełna	Hygroskopijna	4,8	9,0	12,5	15,7	18,5	20,8	22, 8	24,3	25,8	Fuwa
	Wełna	Przędza	4,7	7,0	8,9	10,8	12,9	14,9	17,2	19,9	23,4	Hartshorne
	Jedwab	Przędza	3,2	5,5	6,9	8,0	8,9	10,2	11,9	14,3	18,8	Schloesing
	Len	Płótno stołowe	1,9	2,9	3,6	4,3	5,1	6,1	7,0	8,4	10,2	Atkinson
	Len	Nici	3,6	5,4	6,5	7,3	8,1	8,9	9,8	11,2	13,8	Sommer
	Juta		3,1	5,2	6,9	8,5	10,2	12,2	14,4	17,1	20,2	Storch
	Konopie	Liny	2,7	4,7	6,0	7,2	8,5	9,9	11,6	13,6	15,7	Fuwa
Jedwab sztuczny	Octan celulozy	Przędza	4,0	5,7	6,8	7,9	9,2	10,8	12,4	14,2	16,0	Robertson
		Włókna	0,8	1,1	1,4	1,9	2,4	3,0	3,6	4,3	5,3	Robertson
Papier	Gazetowy	Miazga drzewna — 24% popiołu	2,1	3,2	4,0	4,7	5,3	6,1	7,2	8,7	10,6	U.S.B. of S.
	Obligacyjny biały	Szmaty — 1% popiołu	2,4	3,7	4,7	5,5	6,5	7,5	8,8	10,8	13,2	U.S.B. of S.
Różne materjały organiczne	Skóra	Podeszwowa, garbowana	5,0	8,5	11,2	13,6	16,0	18,3	20,6	24,0	29,2	Phelps
	Struny	Rakietowa	4,6	7,2	8,6	10.2	12,0	14,3	17,3	19,8	21,7	Fuwa
	Klej	Do skór	3,4	4,8	5,8	6.6	7,6	9,0	10,7	11,8	12,5	Fuwa
	Mydło	Białe	1,9	3,8	5,7	7,6	10,0	12,9	16.1	19,8	23,8	Fuwa
	Tytoń	Papierosy	5,4	8,6	11,0	13,3	16,0	19,5	25, 0	33,5	50,0	Ford
Produkty żywnościowe	Chleb biały		0,5	1,7	3,1	4,5	6,2	8,5	11,1	14,5	19,0	Atkinson
	Makaron		5,1	7,4	8,8	10,2	11,7	13,7	16,2	19,0	22,1	Atkinson
	Mąka		2,6	4,1	5,3	6,5	8,0	9,9	12,4	15,4	19,1	Bailey
	Krochmal		2,2	3,8	5,2	6,4	7,4	8,3	9,2	10,6	12,7	Atkinson
Różne materjały nieorganiczne	Azbestowe włókna		0,16	0,24	0,26	0,32	0,41	0,51	0,62	0,73	0. 84	Fuwa
	Zel kwasu krzemowego		5,7	9,8	12,7	15,2	17,2	18.8	20,2	21,5	22,6	Fuwa
	Węgiel drzewny aktywny		7,1	14,3	22,8	26 2	28,3	29,2	30,0	31,1	32,7	Fuwa
	Kwas siarczany		33,0	41,0	47,5	52,5	57,0	61,5	67,0	73,5	82,5	Mason

terjały o budowie włóknistej, jak tkaniny, papier w miarę zwiększenia ich wilgotności nabierają większej giętkości włókien, łatwiej się skręcają, są łatwiejsze do przerobu dając mniej braków. Dla tego rodzaju materjałów jest rzeczą bardzo ważną zachowanie w ciągu całego procesu fabrykacji stałej wilgotności, gdyż umożliwia to prawidłowy ruch maszyn pracujących przy dużych szybkościach. Dotyczy to przędzalni, litografji wielobarwnej it.p. Nadmierne wysuszenie wywiera na cały szereg materjałów zgubne skutki, powodujac ich zesztywnienie i kruchość, jak naprz. na skórę, futra, klej i inne. Znane jest destrukcyjne działanie zbyt suchego powietrza na meble, oprawy książek, zdobienia alabastrowe. Z drugiej strony wiele materjałów pochodzenia zwierzęcego i roślinnego wymaga suszenia w celu zakonserwowania materjału. Do nich należy przedewszystkiem drzewo, różne produkty spożywcze, środki lecznicze. Suszenie nie zawsze odbywa się przy normalnej lub podwyższonej temperaturze. Ostatnio zastosowano przy produkcji środków leczniczych z surowców zwierzęcego pochodzenia (naprz. hormonów) suszenie tych surowców przy temp. blizkiej 0° C. Chłodzenie znajduje zastosowanie w klimatyzacji i w tych wypadkach, gdy chodzi o utrzymanie normalnej temperatury powietrza połączonej z niską wilgotnością powietrza. Np. przy produkcji kapsułek dla lekarstw dla zapobieżenia lepkości powierzchni konieczna jest wilgotność powietrza nie wyżej 30 do 40% przy temp. + 21° C i niżej. Przy nawijaniu izolacji na dalekosiężne kable telefoniczne oraz przy przechowaniu tych materjałów izolacyjnych wymagana jest nadzwyczajna suchość powietrza dochodząca do 1% wilgotności, w przeciwnym wypadku najmniejsze ślady wilgoci na izolacji przy następującem spiekaniu w piecu powodują uszkodzenie jej i wywołują następnie zakłócenia w odbiorze telefonicznym. Chłodzenie stosuje się przy wyrobie i suszeniu błon filmowych (po raz pierwszy chłodzenie znalazło zastosowanie w wytwórniach Eastman Kodak Company), przy suszeniu wywołanych błon filmowych, co przyśpiesza pracę zapobiegając powstaniu plam i sklejaniu się błon. Chłodzenie powietrza odgrywa ważną rolę w wielu gałęziach przemysłu chemicznego dla umożliwienia kontroli nad przebiegiem procesów chemicznych, krystalizacji i przy przechowywaniu gotowych produktów, przy wyrobie materjałów wybuchowych, przy chłodzeniu czekolady, pasty do obuwia i podłogi, szmalcu, w produkcji drożdży, w przemysłach związanych z fermentacją, jak piwowarstwo, piekarstwo. W wielu wypadkach obniżenie temperatury jest potrzebne ze względu na ulżenie pracy ludziom zatrudnionym przy procesach fabrykacyjnych, które wymagają wilgotności powietrza blizkiej 100%, jak naprz. przy powielaniu taśm filmowych, odbywającem się w powietrzu o dużej wilgotności mającej zapobiec tworzeniu się ładunków elektrycznych na taśmach przy ich tarciu. Pozatem klimatyzacja powietrza ma zastosowanie w wielu innych gałęziach przemysłu. Ograniczam się na garści wyżej przytoczonych przykładów.

(d. c. n.)

Inż. ST. FELSZ

NIEŚCISŁOŚCI I POPRAWKI W USTALONYCH WZORACH STRAT KOTŁOWYCH *)

3. Orjentacyjne wzory strat przy niewiadomych stratach w węglowodorach.

Ustaliliśmy dotąd, że suche straty odlotowe i straty w tlenku węgla powinny być obliczane według rzeczywistej ilości spalonego węglika t. j. według $(C - C_x)\%$ zamiast $C\%$ jego wartości w węglu. Zatem straty te są w rzeczywistości mniejsze od obliczanych w stosunku:

$$\frac{C - C_x}{C} = 1 - \frac{C_x}{C}$$

Jak wiadomo każdy procent kg. niespalonego węglika daje stratę 81 kal, zatem $C_x\%$ niespalonego węglika daje na każdy kg. spalonego węgla stratę $81 C_x$ kal.

Strata ta wchodzi do bilansu cieplnego ze spółczynnikiem:

$$n_c = \frac{81 \,.\, C_x\%}{K}$$

Ztąd

$$C_x\% = \frac{K}{81} n_c$$

$$1 - \frac{C_x}{C} = 1 - \frac{K}{81\, C\%} n_c \quad \ldots\ldots 8)$$

gdzie n_c jest niewiadomą narazie ułamkową wartością wszystkich strat w niedopałkach: żużla, leszu i węgla lotnego:

$$n_c = n_p + n_d + n_k \ldots\ldots\ldots 8a)$$

*) Por. „*Technika Cieplna*" 1926, str. 21.

Przy dymnem spalaniu do tego dochodzą straty w sadzach i w węgliku nierozszczepionych węglowodorów.

Każdy procent kg niespalonego czynnego wodoru daje straty 290 *kal/kg* przy dolnej wartości opałowej węgla *K kal/kg*. Zatem przy $H_x\%$ niespalonego czynnego wodoru otrzymujemy spółczynnik straty na niedopalonym wodorze:

$$n_h = \frac{290 \cdot H_x}{K}$$

stąd

$$H_x\% = \frac{K}{290} n_h \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 8a)$$

Przy niewiadomej wartości H_x, nie możemy określić ani strat cieplnych na niedopalonym wodorze. zawartym w niedopalonych węglowodorach, ani też zredukować objętość pary wodnej w gazach spalinowych (wzór 2).

Wobec małej zawartości pary wodnej w spalinach w porównaniu z objętością suchych gazów poprawka ta jest drobną w porównaniu z poprawką na niedopalony węglik t. j. w porównaniu z wartością

$$1 - \frac{K}{81\, C} n_c$$

Stosunek $\frac{K}{81\, C}$ jest stosunkiem stałym dla każdego typu węgla. Zależy on od udziału, jaki wnosi węglik do wartości opałowej *K*. W węglach antracytowych, zawierających mało czynnego wodoru, stosunek ten jest bliskim do 1. W węglach długopłomiennych, najczęściej stosowanych do opalania kotłów, węglik daje 90 — 80% wartości opałowej *K*, czyli odwrotny stosunek $\frac{K}{81\, C}$ waha się w granicach 1,1 do 1,2.

Oznaczamy ten stosunek jednym znakiem e_c.

Zatem przez pewien nieznany jeszcze spółczynnik

$$1 - \frac{K}{81\, C\%} n_c = 1 - e_c\, n_c < 1 \; . \; . \; . \; 8b)$$

trzeba pomnożyć następne obliczane nieściśle czynniki: objętość suchych gazów spalinowych, w związku z nią straty odlotowe (kominowe) i straty w tlenku węgla.

Ale jeżeli przy dymnem paleniu są niewiadome straty w węglowodorach i sadzach, to musimy połączyć wiadome i niewiadome niedopałki i straty w sadzach i węglowodorach w jedna niewiadomą pozycję poprawkowych strat spalania:

$$n_{ch} = n_c + n_h = n_p + n_d + n_k + n_h \; . \; . \; 8c)$$

z których niedopałki popielnikowe (n_p) i niedopałki dymniczne (n_d) mogą być określone bezpośrednio, a wartość niedopałków kominowych i strat na węglowodorach ($n_k + n_h$) jest narazie nieznana i może być określona ściślej w postaci „reszty" (ale inaczej obliczanej, niż to się robi we wzorach ustalonych dotąd).

Zatem wszystkie straty spalania (n) dzielimy na dwie kategorje: poprawkowe straty spalania (n_{ch}) i straty w tlenku węgla (n_{co}):

$$n = n_{ch} + n_{co}$$

Rzeczywiste straty w tlenku węgla są mniejsze od obliczanych według wzoru 3 w stosunku:

$$\frac{C - C_x}{C} = 1 - e_c\, n_c$$

i jeśli nieścisłą wartość ich z wzoru 3 oznaczymy przez n'_{co}, to ścisła wartość ich wynosi:

$$n_{co} = n'_{co}\,(1 - e_e\, n_c) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 9)$$

W takim razie sprawność spalania wypada:

$$\eta_r = 1 - n = 1 - n_{ch} - n'_{co}\,(1 - e_c\, n_c) \; . \; . \; 10)$$

Mamy tu trzy niewiadome: η_r, n_c oraz $n_{ch} = n_c + n_h$.

Tylko dwie niewiadome wypadają dla wzoru sprawności kotła absolutnie szczelnego dla ciepła pary, o ile mogą być określone straty izolacyjne (i):

$$\eta + i = 1 - n - m = \eta_r - m \; . \; . \; . \; 11)$$

gdzie wszystkie straty odlotowe (m) oblicza się z objętości gazów według nieścisłego wzoru ustalonego (wzór 1[a]), zmniejszone w stosunku $1 - e_c n_c$ dla suchych gazów.

Ponieważ poprawka dla pary w tym wzorze jest niewiadoma (n_h), to wobec małej objętości pary w stosunku do suchych gazów spalinowych można przyjąć redukcyjny wskaźnik $1 - e_c n_c$ dla całej objętości gazów odlotowych.

W takim razie oznaczając przez:

$S'\, m^3/kg$ nieścisłą objętość gazów z kg węgla, obliczoną według wzoru ustalonego (wzór 1[a]).

m' — nieścisły spółczynnik strat odlotowych (kominowych) obliczany według wzoru $m' = S'ct/K$, otrzymujemy ściślejszą objętość gazów z kg węgla

$$S = S'\,(1 - e_c \cdot n_c) \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 12)$$

i ściślejszy spółczynnik strat odlotowych

$$m = \frac{S \cdot c \cdot t}{K} = m'\,(1 - e_c \cdot n_c) \; . \; . \; 12a)$$

Wtedy podstawiając do wzoru 11 sprawności kotła absolutnie szczelnego wartości η_r z wzoru 10 i wartości m z wzoru 12a) otrzymamy:

$$\eta + i = 1 - n_{ch} - (n'_{co} + m')(1 - e_c . n_c) \quad . \; 13)$$

mamy tu dwie niewiadome: n_c i $n_{ch} = n_c + n_h$.

Przy bezdymnem spalaniu $n_h = 0$, a wtedy $n_{ch} = n_c$ i we wzorze 13 zjawia się już tylko jedna niewiadoma: wartość niedopałków n_c

$$\eta + i = 1 - n_c - (n'_{co} + m')(1 - e_c . n_c)$$

stąd można określić tą niewiadomą

$$n_c = n_{ch} = \frac{1 - (\eta + i + n'_{co} + m')\,^{*)}}{1 - e_c(n'_{co} + m')} \; . . \; 14)$$

i spółczynnik redukcyjny

$$1 - e_c n_c = \frac{1 - e_c + (\eta + i)}{1 - e_c(n'_{co} + m')} \; . . . \; 14a)$$

a z niego obliczyć ściślejsze wartości: strat w tlenku węgla (wzór 9), sprawność spalania (wzór 10), strat odlotowych (wzór 12-a) i t.d. A znając wielkości strat w niedopałkach popielnikowych (n_p) i dymnicznych (n_d) możemy określić ściśle straty w węglu lotnym: $n_k = n_c - (n_p + n_d)$.

Przy dymnem spalaniu i niewiadomych stratach na węglowodorach może służyć ten sam wzór 14 dla określenia niewiadomych strat w niedopałkach węgla i dla dalszego obliczenia innych czynników.

Wtedy pod określoną przez wzór 14 wartością n_c należy rozumieć $n_{ch} = n_c + n_h$

Wobec tego jednak, że wartość e_c dla węgli długopłomiennych waha się w granicach 1,1 do 1,2, można kosztem niewielkiego błędu dla ułatwienia orjentacji uprościć wzór 14, przyjmując $e_c = 1$.

Wtedy poprawkowe straty spalania:

$$n_{ch} = \frac{1 - (\eta + i + n'_{co} + m')}{1 - (n'_{co} + m')} \; . . . \; 15)$$

a spółczynnik redukcyjny $1 - n_{ch}$ oblicza się z prostego wzoru:

*) Właściwie zupełnie ścisły wzór dla n_c wypadnie, jeśli w mianowniku zamiast m' weźmiemy straty odlotowe w gazach suchych t. j.

$$m'_c = \frac{1{,}867\, C . ct}{(CO_2 + CO) . K}$$

pozostawiając w liczniku pełną wartość m'.

$$1 - n_{ch} = \frac{\eta + i}{1 - (n'_{co} + m')} < 1 \; . . \; 15a)$$

Ten obliczony spółczynnik daje w porównaniu z ustalonemi wzorami znacznie ściślejsze wartości:

Strat w tlenku węgla

$$n_{co} = n'_{co}(1 - n_{ch}) =$$

$$= C\, \frac{CO\,(1 - n_{ch})}{CO_2 + CO} \cdot \frac{5600}{K} \; . . . . \; 15b)$$

Sprawności spalania:

$$\eta_r = 1 - n = (1 - n'_{co})(1 - n_{ch}) \; . . \; 15c)$$

Objętości gazów spalinowych:

$$S = S'(1 - n_{ch}) \; . . . . . : . \; 15d)$$

Strat odlotowych (kominowych):

$$m = \frac{S c t}{K} = m'(1 - n_{ch}) = \eta_r - (\eta + i) \; . . \; 15e)$$

Sprawności przewodzenia (wewnętrznego):

$$\eta_h = \frac{\eta + i}{\eta_r} = 1 - \frac{m}{\eta_r} = 1 - \frac{m'}{1 - n'_{co}} \; . . \; 15f)$$

Zawartości cieplikowej spalania:

$$c T = \frac{\eta_r . K}{S} = \frac{(1 - n'_{co}) . K}{S'} \; . . . \; 15g)$$

Uproszczony wzór 15 daje dla n_{ch} nieco mniejsze liczby od obliczonych ściślej dla bezdymnego spalania według wzoru 14 (wobec zmniejszenia do jedności we wzorze 14 wartości e_c, równej dla węgli długopłomiennych 1,1 — 1,2). Ścisły zaś spółczynnik redukcyjny przy bezdymnem spalaniu $1 - e_c n_c$ jest nieco mniejszy od orjentacyjnego z wzoru (15a) a wraz z nim ścisłe wartości czynników n_{co}, η_r, S, m są wtedy również nieco mniejsze od orjentacyjnych.

Różnice są jednak bardzo drobne w porównaniu do nieścisłości według wzorów ustalonych.

Dla krótkiej ilustracji różnic między bilansem cieplnym, obliczonym według wzorów ustalonych, a liczbami, wynikającemi że ściślejszych wzorów orjentacyjnych (grupy 15) podaje się tu przykład dla wysokiego natężenia rusztu 690 kg węgla Saturn o wartości opałowej (dolnej) 6334 kal., t. j. dla $Kb = 4{,}37$ *mil. kal.*, spalanego na parowozie przy nadmiarze powietrza 1,46.

Straty i sprawność podane są w procentach:

TABLICA 1.

	Według wzorów			
	Ustalonych		Orjentacyjn.	
		Razem		Razem
Niedopałki popielnik. n_p	1,26		1,26	
" dymnicz. n_d	6,71	7,97	6,71	7,97
Straty w węglu lotnym i węglowodorach $n_h + n_k$	18,48	26,45	24,67	32,64
Straty w tlenku węgla n_{co}	1,47	27,92	0,99	33,63
" odlotowe (komin.) m	17.50	45,42	11,79	45,42
" izolacyjne i	1,28		1,28	
Sprawność kotła η	53,30	100	53,30	100
Spółczyn. redukc. $1 - n_{ch}$			0,6736	
Sprawność spalania η_r	72,08		66,37	
" przewodz. η_h	75,7		82,2	
Objętość suchych gazów spalin. z kg. węgla $S_c m^3$	9,74		6,56	
Objętość pary wodnej z kg węgla S_h	0,57	10,31	0,38	6,94
Zawartość cieplikowa spalania kal/m³ cT	442		605	

Z przykładu tego widać, że spółczynnik redukcyjny 0,6736 wskazuje największą różnicę i nieścisłość wzorów ustalonych dla strat w węglu lotnym i węglowodorach, dla strat odlotowych i dla objętości spalin, a w związku z tem zmienia silnie ocenę sprawności spalania, sprawności przewodzenia a szczególniej liczby zawartości cieplikowej spalania, która przy tej poprawce wzrasta w stosunku $605 : 442 = 1.37$ t. j. o 37%.

4. Ścisłe wzory strat przy wiadomych stratach w węglowodorach.

Dla ścisłego określenia objętości pary wodnej w gazach spalinowych muszą być straty w węglowodorach przeliczone na stratę zawartego w nich wodoru w postaci naprz. procentu objętościowego (H_y%) wodoru w suchych gazach spalinowych.

Wtedy odnośna strata cieplna na niespalonym wodorze:

$$n_h = \frac{26 \cdot H_y\% \, S_c}{K}$$

(co łatwo wyrozumieć, ponieważ objętość gazów spalinowych oblicza się w m^3/kg. węgla, a m^3 wodoru przy spalaniu na parę wodną daje 2600 kal.)

Ponieważ narazie ścisła wartość objętości suchych gazów nie jest znana, należy przedewszystkiem określić przybliżoną wartość straty na niespalonym wodorze n_h z objętości suchych gazów, obliczanej według wzoru ustalonego:

$$S'_c = \frac{1,867 \cdot C}{CO_2 + CO}$$

Wówczas:

$$n'_h = \frac{26 \cdot H_y \, S'_c}{K} \quad \ldots\ldots\ldots 16)$$

A ponieważ ścisła objętość suchych gazów jest mniejsza, jak to już wyjaśniono w stosunku

$$1 - \frac{K}{81 \cdot C} \cdot n_c = 1 - e_c \, n_c$$

zatem ścisła wartość strat cieplnych na wodorze

$$n_h = \frac{26 \cdot H_y \, S'_c (1 - e_c \, n_c)}{K} =$$

$$= n'_h (1 - e_c \, n_c) \quad \ldots\ldots\ldots 16a)$$

Ścisła wartość strat cieplnych w tlenku węgla, jak we wzorze 9:

$$n_{co} = n'_{co} (1 - e_c \, n_c) \quad \ldots\ldots 16b)$$

Ścisła wartość sprawności spalania

$$\eta_r = 1 - n_c - (n'_{co} + n'_h)(1 - e_c \, n_c) \,..\, 16c)$$

Ścisła wartość strat odlotowych w gazach suchych przy cieple właściwem tych gazów c_c i nadwyżce t temperatury ich nad temperaturą powietrza:

$$m_c = \frac{S_c \cdot c_c \cdot t}{K} = \frac{S'_c (1 - e_c \, n_c) \cdot C_c \cdot t}{K} =$$

$$= m'_c (1 - e_c \, n_c) \quad \ldots\ldots\ldots 16d)$$

gdzie $m'_c = \frac{S'_c \cdot C_c \cdot t}{K}$ jest wartością strat odlotowych w gazach suchych, obliczaną według wzorów ustalonych.

Ścisłą wartość strat odlotowych w parze wodnej obliczamy z objętości jej według wzoru ustalonego

$$S'_h = \frac{9 \cdot H\% + Aq\%}{80,8}$$

zmniejszonej z powodu niedopalonego H_x% wodoru o

$$\frac{9 \cdot H\%}{80,8} = \frac{9 \cdot K \cdot n_h}{80,8 \cdot 290} = \frac{K \cdot n_h}{2600}$$

Przy cieple właściwem pary wodnej c_h i nadwyżce temperatury t ścisła strata w cieple odlotowem pary wodnej wyniesie:

$$m_h = \frac{S'_h - \frac{K \cdot n_h}{2600}}{K} \cdot c_h \cdot t = m'_h - \frac{c_h \cdot t}{2600} \cdot n_h =$$

$$= m'_h - e_h \, n_h \quad \ldots\ldots\ldots 16e)$$

gdzie m'_h jest stratą w cieple pary według wzorów ustalonych, a pod znakiem e_h uogólniamy w skróceniu wartość $c_h t/2600$.

Ścisła suma strat w cieple odlotowem gazów spalinowych z wzorów 16e) i 16d) wynosi zatem

$$m = m_c + m_h = m'_c(1 - e_c n_c) + m'_h - e_h n_h =$$

$$= m' - m'_c e_c n_c - e_h n_h \quad . \; . \; . \; . \quad 16f)$$

gdzie $m' = m'_c + m'_h$ jest wartością strat odlotowych według wzorów ustalonych.

Teraz zasadnicze równanie strat (wzór 4a) przepisujemy w postaci:

$$n + m = n_c + n_{co} + n_h + m = 1 - (\eta + i) \; . \; . \; 17)$$

Prawa strona tego równania może być obliczona z dowolną ścisłością i jest wiadoma.

W środkowej części równania mamy niewiadomą wartość wszystkich niedopałków węglika n_c. Pozostałe ścisłe wartości n_{co}, n_h i m są zależne od niewiadomej n_c, jak to wyprowadzono we wzorach 16^a, 16^b i 16^f.

Wszystkie wartości, zawierające niewiadomą n_c grupujemy po lewej stronie równania 17. Po prawej stronie umieszczamy czynniki wiadome:

$$n_c - e_c n_c n'_{co} - e_c n_c n'_h - e_c n_c m'_c =$$

$$= 1 - [\eta + i + n'_{co} + n'_h(1 - e_h) + m']$$

stąd określa się ścisła wartość niedopałków:

$$n_c = \frac{1 - [\eta + i + n'_{co} + n'_h(1 - e_h) + m']}{1 - e_c(n'_{co} + n'_h + m'_c)} \; . \; . \; 18)$$

Teraz można łatwo obliczyć ścisły współczynnik redukcyjny

$$1 - e_c n_c = 1 - \frac{K}{81 \, . \, C} \, . \, n_c$$

a z niego wszystkie ścisłe wartości strat z wzorów grupy 16), a także strat w niedopałkach kominowych

$$n_k = n_c - (n_p + n_d)$$

ścisłej sprawności spalania

$$\eta_r = 1 - n = 1 - (n_c + n_{co} + n_h)$$

sprawności przewodzenia wewnętrznego

$$\eta_h = \frac{\eta + i}{\eta_r} = 1 - \frac{m}{\eta_r}$$

i zawartości cieplikowej spalania

$$c\,T = \frac{\eta_r \, . \, K}{S}$$

W tych wypadkach, kiedy analiza gazów spalinowych nie wykazuje strat cieplnych w węglowodorach albo gdy ich być nie może przy bezdymnem spalaniu wartość $n_h = o$ a wtedy ścisła wartość strat w niedopałkach węglika przy skasowaniu n_h we wzorze 18:

$$n_c = \frac{1 - (\eta + i + n'_{co} + m')}{1 - e_c(n'_{co} + m'_c)} \; . \; . \; . \; . \; 19)$$

Jest to ściślejsza modyfikacja wzoru 14, zaznaczona w uwadze Spółczynnik redukcyjny $1 - e_c n_c$, zastosowany jak wyżej według wzorów grupy 16 przy $n_h = o$ daje ścisłe liczby strat i innych czynników bilansu cieplnego dla bezdymnego spalania.

Dla niewiadomych strat w węglowodorach w poprzednim rozdziale przyjęliśmy uproszczony wzór 15^a dla spółczynnika redukcyjnego $1 - n_{ch}$ zamiast $1 - e_c n_c$.

Przy pewnych stratach na węglowodorach dla każdego natężenia rusztu i typu węgla ten orjentacyjny spółczynnik może być zupełnie ścisłym. Będzie to wtedy, kiedy wartość $1 - e_c n_c$, obliczona ze ścisłego wzoru 18, równa się wartości $1 - n_{ch}$, obliczonej z orjentacyjnego wzoru 15^a. Inaczej: kiedy n_{ch} z wzoru 15 równa się $e_c n_c$ z wzoru 18. Z tego równania można określić tą wartość strat cieplnych na wodorze, przy której $n_{ch} = e_c n_c$.

Naprz. w przytoczonym poprzednio bilansie cieplnym dla węgla Saturn wypadła nam orjentacyjna wartość strat $n_{ch} = 32.64\%$ a spółczynnik redukcyjny $1 - n_{ch} = 0.6736$.

Przy wartości $e_c = 1{,}14$ dla tego węgla wartość $e_c n_c = 32{,}64\%$ kiedy

$$n_c = \frac{32{,}64}{1{,}14} = 28{,}63\%$$

Wtedy straty na wodorze n'_h z równania: n_c (wzoru 18) $= 0{,}2863$ (przy $\eta + i = 0{,}5458$, $n'_{co} = 1{,}47$, $e_h = 0{,}051$, $m' = 17{,}50$, $m'_c = 16{,}31$ $m'_h = 1{,}19$) wypadają

$$n'_h = 0{,}058, \qquad \text{czyli } 5{,}8\%$$

Jest to wartość określona z pierwszem przybliżeniem.

Ścisła wartość tych strat $n_h = 5{,}3 \, . \, 0{,}6736 = 3{,}9\%$ co stanowiłoby prawie 32% straty całego czynnego wodoru w tym węglu.

Teraz zestawimy ścisły bilans cieplny dla przytoczonej powyżej próby z węglem Saturn, zakładając, że straty cieplne na wodorze wynosiły $3{,}9\%$ (n_c — według wzoru 18) i drugi bilans — dla bezdymnego spalania (n_c — według wzoru 19).

TABL. 2.

	$n_h = 3{,}9\%$	Razem	$n_h = 0$	Razem
Niedopałki popielnik. n_p	1,26		1,26	
„ dymniczne n_d	6,71	7,97	6,71	7,97
Straty w węglu lotnym n_k	20,66	28,63	25,20	33,17
„ na wodorze węglowodorów n_h	3,90	32,53	—	33,17
„ w tlenku węgla n_{co}	0,99	33,52	0,91	34,08
„ odlotowe m	11,90	45,42	11,34	45,42
„ izolacyjne i	1,28		1,28	
Sprawność kotła η	53,30	100	53,30	100
Spółczyn. redukc. $1-e_c n_c$	0,6736		0,6219	
Sprawność spalania η_r	66,48		65,92	
Sprawn. przewodzenia η_h	82,1		82,8	
Objętość suchych gazów spalin z kg węgla S_c	6,56		6,06	
Objętość pary wodnej z kg. węgla S_h	0,48	7,04	0,57	6,63
Zawartość ciepl. spalania kal/m³ cT	598		630	

Z powyższego widać:

1) że przy niewiadomych stratach na węglowodorach rzeczywiste straty mogą się mieścić w dość szczupłych granicach między liczbami otrzymanemi z wzorów, które nazwaliśmy orjentacyjnemi, a liczbami z wzorów dla bezdymnego spalania.

2) Ścisłe liczby strat i innych czynników, otrzymywane z wzorów dla bezdymnego spalania jeszcze więcej odbiegają od liczb otrzymywanych na podstawie wzorów ustalonych, niż liczby wzorów orjentacyjnych lub wzorów dla dymnego spalania.

Naprzykład rzeczywiste straty odlotowe (11,34%) wynoszą przy bezdymnem spalaniu i podanem natężeniu tego węgla tylko 65% wartości otrzymywanych z wzorów ustalonych (17,5%, Tabl. 1) a zawartość cieplikowa spalania daje naprz. ścisłą liczbę 630 *kal*/*m*³ zamiast 442 kal. t. j. w rzeczywistości o 43% wyższa od obliczonej z wzorów ustalonych (gdy zawartość „orjentacyjna" była o 37% wyższa).

Przy tak poważnych poprawkach, koniecznych dla wysokich natężeń rusztu, należy uważać liczby wskazanych tu strat i innych czynników bilansu cieplnego, obliczanych według wzorów ustalonych. wprost za błędne i nie nadające się do poważnego traktowania.

Dla niskich natężeń różnicę są mniejsze.

Dla ilustracji przytacza się dwa poprawione bilanse:

TABL. 3.

Typ węgla	Grodziec		Saturn	
Natężenie rusztu w miljonach kal/m³	1,40		1,41	
Nadmiar powietrza	1,92		1,44	
Obliczenia według wzorów	ustal.	ścisł.	ustal.	ścisł.
Niedopałki popielnikowe i dymniczne	6,90	6,90	4,84	4,84
Niedopałki kominowe	—0,69	0,86	6,00	7,94
Straty w tlenku węgla	1,29	1,18	0,96	0,82
„ odlotowe	17,52	16,08	13,29	11,49
Razem straty spalania i przewodz.	25,02		25,09	
Straty izolacyjne	2,95		3,52	
Sprawność kotła	72,03		71,39	
Razem	100%		100%	
Sprawność spalania	92,50	91,06	88,20	86,40
„ przewodzenia	81,06	82,35	84,93	86,70
Zawartość cieplikowa spalania	430	461	547	622
Spółczynnik redukcyjny	—	0,9131	—	0,8543

Charakterystyczny tu jest bilans węgla Grodziec: jeżeli od obliczonej według wzorów ustalonych „reszty" odjąć „straty" izolacyjne w wysokości 2,95% to na straty w węglu lotnym (n_k) pozostaje ujemna wartość (—0,69 %), co jest niemożliwe.

Według wzorów zaś opartych na wartości n_c dla bezdymnego spalania (wzór 19), wypada wtedy niewielka ale dodatnia wartość $n_k = 0.86$.

Dla ilustracji różnic, jakie wypadają przy obliczaniu według wzorów ustalonych, orjentacyjnych (wzory gr. 15) i dla bezdymnego spalania (wzór 19) przytaczamy w poniższej tablicy (Tabl. 4) dane dla różnych węgli, natężeń rusztu i nadmiarów powietrza:

Z tablicy tej widać drobne różnice między liczbami wzorów orjentacyjnych i dla bezdymnego spalania w porównaniu do różnic między niemi a liczbami, które dają wzory ustalone.

O ile spalanie jest bezdymne, to możemy mieć ścisłe liczby strat według wzoru 19 i pochodnych, wyprowadzonych w gr. 16.

O ile przy dymnem spalaniu są niewiadome straty w węglowodorach, to rzeczywiste liczby mogą się mieścić między liczbami z wzorów orjentacyjnych (gr. 15) a liczbami dla bezdymnego spalania (wzór 19 i pochodne).

Charakterystyczny jest stosunek strat odlotowych do nadmiaru powietrza $\mu = \frac{m\%}{\alpha}$ w dolnej rubryce tabl. 4. Naogół wiadomo jest że straty odlotowe wzrastają z nadmiarem powietrza. Może być tylko kwestja, w jakim stosunku one wzrastają zależnie od natężenia rusztu i innych czynników w jednym i tym samym lub w różnych kotłach.

TABL. 4.

Marka węgla	Grodziec	Grodziec	Saturn	Kadjewka	Saturn	Newcastle
Natężenie rusztu *mil. kal./m²*	1,38	1,40	1,41	3,22	4,37	3,78
Nadmiar powietrza (α)	2,22	1,92	1.44	2,03	1.46	1.24
Procent niedopałków (n_{ch})						
według wzorów ustalon.	7.15	6.21	10.84	22.32	26.45	27.39
„ „ orjent.	9.16	7.65	12.63	29.28	32.64	34.38
„ „ bezd. spal.	9.37	7.76	12.78	30.63	33.17	35.29
Sprawność spalania (η_r)						
według wzorów ustalonych	90.64	92.50	88.20	73.87	72.08	67.36
„ „ orjentac.	88.84	91.15	86,53	68.03	66.37	62.18
„ „ bezd. spal.	88.66	91 06	86.40	66.94	65.92	61 63
Zawart. ciepł. spalania ($c\,T$)						
według wzorów ustal.	368	430	547	349	442	494
„ „ orjent.	397	458	615	454	605	695
„ „ bezd. spal.	400	461	622	487	630	737
Straty odlotowe (m)						
według wzorów ustalonych	19.73	17.52	13.29	20.00	17.50	15.07
„ „ orjentac.	17.93	16.17	11.61	14 15	11.79	9.89
„ „ bezd. spal.	17.75	16.08	11.49	13.07	11.34	9.34
Stosunek strat odlotowych do nadmiaru powietrza $\left(\frac{m}{\alpha}\right)$						
według wzorów ustalonych	8.9	9.1	9.2	9.8	12.0	12.2
„ „ orjentac.	8.1	8.4	8.1	7.0	8 1	8.0
„ „ bezd. spal.	8 0	8.4	8 0	6.4	7.9	7.5
Sprawność abs. $\eta + i =$	70.91	74.98	74.92	53.88	54 58	52.29

Według wzorów ustalonych wypada z tabl. 4, że stosunek ten wzrasta naogół wraz z natężeniem rusztu, podczas gdy według ściślejszych wzorów stosunek ten jest prawie stały przy wszelkich natężeniach. Dla danego próbowanego parowozu przy wszelkich typach węgla i natężeniach rusztu straty odlotowe w procentach wahały się około liczb ośmiokrotnego nadmiaru powietrza ($m = 8\,\alpha$).

Wobec tego cały spadek sprawności kotła wraz ze wzrostem natężenia rusztu obciąża wyłącznie straty spalania, ponieważ różnica $\eta_r - ((\eta + i) = m$ byłaby stałą przy jednakowych nadmiarach powietrza.

O ile dla każdego typu kotła można jeszcze ustalić zależność strat spalania (n) od natężenia rusztu i nadmiaru powietrza, to znajdziemy zależność od tych czynników absolutnej sprawności kotła

$$\eta + i = 1 - n - m$$

Ponieważ ustalenie zależności strat izolacyjnych od natężenia rusztu jest nietrudne (patrz wzór 6), to wtedy wiadoma się stanie zależność efektywnej sprawności kotła $\eta = 1 - (n + m + i)$ od najważniejszych czynników spalania i przewodzenia.

To wszystko jest możliwe tylko przy ścisłem obliczaniu strat.

WIOSENNE TARGI KATOWICKIE.

Pomiędzy 30 maja a 14 czerwca 1936 r. odbędą się na Śląsku tradycyjne Ósme Targi Katowickie urządzone staraniem Śląskiego Towarzystwa Wystaw i Propagandy Gospoparczej (Katowice, Stawowa L: 14, tel.: 300 - 71)

Targi Katowickie dążąc od wielu lat do utrzymania w ruchu rodzimych warsztatów pracy i wzmożenia spożycia — współdziałają w zwalczaniu przesilenia gospodarczego i zwiększają obroty w wielu dziedzinach. Odbywają się one w najżywszym ośrodku handlowym kraju, t. j. na Śląsku, a przemysłowcy i kupcy biorący w nich udział przygotowują sobie rynek zbytu, który we własnym interesie powinni corocznie rozszerzać i powiększać.

Jest sprawą wielkiej wagi, by produkcja krajowa była reprezentowana wszechstronnie i mogła wykazać na tych Targach wysoką wartość i zalety nietylko wobec rodzimej klienteli, lecz również wobec konkurencji i odbiorców z poza kordonu.

Druk. „Zgoda" J. Klimczak i S-ka Warszawa, ul. Zielna 47. Tel. 6-19 57.